

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Общие понятия

Горные породы, используемые, в качестве оснований или среды для различных сооружений, называют *грунтами*. Свойства горных пород — грунтов называют инженерно-геологическими. Ввиду различий в происхождении и истории геологического развития районов инженерногеологические свойства горных пород неодинаковы, причем некоторые из этих свойств могут изменяться при возведении и эксплуатации сооружений.

При изучении и оценке инженерно-геологических условий необходимо знать также геоморфологические условия района строительства и развитие в его пределах современных геологических процессов; характер подземных вод, глубину залегания, химический состав, режим и агрессивные свойства их.

Методы изучения инженерно-геологических свойств горных пород

Для изучения и оценки инженерно-геологических свойств горных пород применяют геологические, полевые и лабораторные методы.

Геологические методы заключаются в изучении возраста, происхождения, характера, состава и мощности горных пород непосредственно в условиях их естественного залегания. При этом описывают естественные обнажения горных пород, бурят скважины, проводят проходку шурфов и штолен для отбора образцов и осмотра горных пород, выполняют геофизические исследования, определяют выдержанность состава и мощности пород в разрезе и по площади, изменение степени трещиноватости и т. д.

Полевые методы основаны на использовании специальных установок, позволяющих оценить свойства пород в условиях их естественного залегания.

Лабораторными методами изучают свойства пород на образцах в лабораторных приборах.

Полевыми и лабораторными методами определяют следующие показатели пород:

классификационные, на основе которых выделяют типы пород, гранулометрический состав, пластичность, естественную влажность, пористость, степень плотности и др.;

косвенные, используемые для приближенной оценки свойств пород, — плотность, объемную массу скелета грунта, влажность, пористость, пластичность, максимальную молекулярную влагоемкость и др.;

прямые, используемые непосредственно для расчета сооружений (например, для определения осадки сооружений, расчета устойчивости подпорных стенок и откосов искусственных выемок и др.);

— коэффициент уплотнения, объемную массу, временное сопротивление сжатию, угол естественного откоса, сцепление и угол внутреннего трения, коэффициент фильтрации и др.

При изучении скальных пород основное значение имеет определение степени выветрелости их и трещиноватости.

Для песчаных пород определяют однородность их по гранулометрическому составу, контур нередко содержащихся в их толще глинистых прослоек.

При оценке глинистых пород основное внимание уделяют определению их гранулометрического состава, объемной массе, плотности, пластичности, естественной влажности, степени природного уплотнения, сжимаемости под нагрузкой, показателей упрочненности и прочности и др.

Главнейшие инженерно-геологические свойства горных пород

Временное сопротивление сжатию скальных и полускальных пород—показатель их механической прочности; его определяют на специальных прессах. Морозостойкость таких пород, знание которой необходимо, например, при использовании породы в качестве строительного материала, определяют раздавливанием образца после многократного промораживания и оттаивания его и сравнением с данными, полученными на образцах до промораживания.

Степень плотности песка

оценивают показателем D , равным

$$D = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_0}{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}},$$

где ε_{\max} - коэффициент пористости песка в наиболее рыхлом состоянии; ε_{\min} - то же, в наиболее плотном состоянии; ε_0 — то же, в природном состоянии.

Если D изменяется от 0 до 0,33, пески считаются рыхлыми, от 0,33 до 0,66—среднеплотными, если более 66—плотными.

Угол естественного откоса рыхлых пород (песков, гравия и др.) — предельный угол наклона поверхности песка к горизонту, при котором сохраняется устойчивость откоса. Этот угол определяется силами трения между частицами породы, в свою очередь, зависящими от гранулометрического и минералогического состава породы, формы зерен, влажности и др.

Пластичность — это способность глинистых пород изменять форму без разрыва сплошности под влиянием внешнего механического воздействия и после прекращения его сохранять эту форму. Пластичность тесно связана с влажностью породы, определяющей верхний и нижний пределы пластичности, выражаемые в массовых процентах влажности.

Разность между верхним и нижним пределами пластичности называется числом пластичности. В зависимости от значения его различают: супесь — от 0,01 до 0,07; суглинок — от 0,07 до 0,17; глину — более 0,17.

Набуханием называют увеличение объема грунта при взаимодействии с водой. Набухание свойственно глинистым грунтам, обогащенным монтмориллонитом. В результате набухания деформируются фундаменты сооружений, дороги, крепи котлованов и т.д.

Липкость — способность пород прилипать к твердым телам при соприкосновении с ними. Она свойственна влажным глинистым породам, зависит от гранулометрического и минералогического состава. Липкость возрастает с увеличением влажности до полной влагоемкости, а при дальнейшем росте влажности уменьшается.

Размокаемость — способность глинистых грунтов при впитывании воды терять связность и превращаться в рыхлую массу с полной потерей несущей способности; зависит от состава грунтов, характера связей между частицами, начальной влажности и других факторов. Показатели размокаемости: время, в течение которого образец грунта, помещенный в воду, теряет связность и распадается; характер распада (крупные или мелкие комочки, пыль и т. д.).

Сжимаемость — способность пород уменьшаться в объеме под действием внешней нагрузки. Сжатие песков происходит быстро и мало связано с их влажностью. Сопротивление песков сжатию зависит от трения между частицами, возникающего при перемещении их. В отличие от песков сжимаемость глинистых пород зависит от их влажности, минералогического состава, характера структурных связей между частицами грунта и других факторов.

Для определения сжимаемости глинистых пород в лаборатории проводят компрессионные испытания, подвергая образцы сжатию в специальных приборах, при разных нагрузках, в условиях, исключающих возможность бокового расширения грунта.

Сопротивление пород сдвигу в песчаных породах обусловлено силами трения между частицами, в глинистых породах — силами сцепления; силы сцепления, в свою очередь, обусловлены внутренними структурными связями.

Сопротивление сдвигающему усилию как песчаных, так и глинистых пород возрастает с увеличением давления. Для определения сопротивления применяют приборы различных конструкций. Срез проводят при разных нагрузках P , сдвигающее усилие τ фиксируется. Результаты опытов представляют в виде графиков зависимости сопротивления грунтов сдвигу τ от вертикальной нагрузки P . График имеет вид прямой, для песков она проходит через начало координат, для глинистых пород — отсекает на оси ординат отрезок, равный силе сцепления C . В этом случае уравнение прямой имеет вид

$$\tau = Pf + C,$$

где τ - сопротивление сдвигу; P - нормальная нагрузка; C – сцепление, f - коэффициент внутреннего трения.

$$f = tg\varphi$$

Разделив уравнения на P и обозначая τ/P через $tg\psi$, а C/P через C_0 , получим

$$tg\psi = tg\varphi + C_0$$

В уравнении $tg\psi$ — коэффициент сдвига (среза), характеризующий общее сопротивление пород сдвигу, используется для расчета устойчивости грунтов.

Просадочностью называют доуплотнение лессов и лессовых пород в результате увлажнения их, сопровождающееся опусканием поверхности земли. Это свойство лессов и лессовых пород обусловлено их геологической историей, высокой пористостью и т.д. Для количественной оценки степени просадочности монолиты грунтов подвергают параллельным компрессионным испытаниям при естественной влажности и после насыщения водой.

Общая инженерно-геологическая классификация горных пород

Инженерно-геологические классификации горных пород разрабатывались Ф. П. Саваренским, В. А. Приклонским, Н. Н. Масловым, Е. М. Сергеевым и др. Общепринятым признаком подразделения горных пород является характер внутренних связей между частицами в породах.

По классификации Н. Н. Маслова, отчасти сходной с классификациями Ф. П. Саваренского и В.А. Приклонского, выделяют четыре основных класса пород:

- Породы с преобладающей ролью жестких структурных связей — скальные (жесткие) породы (магматические, метаморфические) и осадочные (цементированные и отвердевшие);
- Глинистые породы с внутренними связями, главным образом молекулярного, ионно-электростатического и капиллярного характера, — аргиллиты, алевролиты, мергелистые и опоковидные глины, суглинки и супеси;
- Породы без внутренних связей — рыхлые обломочные и песчаные породы;
- Породы, отличающиеся по своим связям особыми свойствами, — особые породы.

Каждый из первых трех классов пород делится на две категории: водостойкие и водонестойкие. Водостойкость скальных и сыпучих пород определяется их стойкостью против растворения (выщелачивания), степень гидростойкости глинистых пород той или иной способностью размягчаться в воде.

Породы I класса характеризуются высокой механической прочностью, практически несжимаемы, водопроницаемы по трещинам, невлагоемкие, держат вертикальные (и даже обратные) откосы. Водостойкая категория этих пород пригодна в качестве основания для любых гидротехнических сооружений.

Глинистым породам (II класса) свойственна слабая водопроницаемость или водонепроницаемость, влагоемкость, сжимаемость под нагрузкой, причем сжатие нередко происходит в течение длительного периода.

Прочность уменьшается с повышением влажности.

Породы III класса хорошо водопроницаемые, невлагоемкие, несжимаемые, за исключением слабоуплотненных разностей, причем сжатие под нагрузкой происходит быстро.

К особым породам отнесены торф, почвы, многолетнемерзлые породы, «культурные» отложения, илы, плавунные пески и др. При использовании этих пород в качестве оснований в каждом отдельном случае требуется особый подход.

Плывунами называют насыщенные водой горные породы, приходящие при вскрытии строительными работами (при прокладке каналов, проходке котлованов, туннелей, шахт) или природными процессами в движение. Плывуны затрудняют выполнение строительных работ. Вследствие поступления в выемки плывунов объем вынутаго грунта может во много раз превышать объем выемки.

Различают псевдоплывуны и истинные. Псевдоплывуны — породы, переходящие в плывунное состояние только под действием гидродинамического давления. Ими могут быть даже крупные и гравелистые пески. Истинные плывуны — породы, приходящие в движение не только под действием гидродинамического давления, но и при наличии в составе породы органо-минеральных коллоидов (высокомолекулярных органических соединений) и коллоидно-дисперсных минералов. Это тонко- и мелкозернистые пески, илы и другие породы. Истинные плывуны относятся к тиксотропным породам. *Тиксотропией* называют способность пород, содержащих коллоидные фракции, к обратимым переходам из одного состояния в другое под действием динамической нагрузки при неизменной влажности и температуре.

Проявлению плавучести в значительной мере способствует гидродинамическое давление. Чем больше разность уровней залегания подземных вод, например, между уровнями за стенками строительного котлована и в самом котловане, тем интенсивнее выражены плавунные свойства породы. Напорные воды также усиливают проявление плавунных свойств. По Н. Я. Денисову, состояние предельного равновесия, после нарушения которого происходит разрыхление и выпирание песка, характеризуется следующим уравнением:

$$J_{кр} \gamma_{в} = (\gamma_0 - \gamma_{в}) (1 - n/100),$$

где $J_{кр}$ — критический градиент фильтрации; $\gamma_{в}$ — объемная масса воды, г/см³; γ_0 — плотность песка, г/см³; n — пористость песка, %.

Основная мера борьбы с плавунными при строительных работах — предварительное осушение их с помощью иглофильтров, замораживание и др. При этом осушение истинных плавунных значительно сложнее, чем псевдоплавунных.

Спасибо за внимание!